Münster 1935 ... 760
Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster / Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

Ueber die Einwirkung von Neutralsalzen der Hofmeister'schen Anionenreihe auf die Hefegärung.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinschen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelm-Universität Münster / Westf.

vorgelegt von

Aenne Kleymann, Zahnärztin

aus Lüdinghausen / Westf.

1935

Druckausführung Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Professor Dr. Klinge.

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann.

Korreferent; Professor Dr. med. et phil. H. Freund.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555426_0191

Ueber die Einwirkung von Neutralsalzen der Hofmeister'schen Anionenreihe auf die Hefegärung.

Nach Untersuchungen von Boas[1]) ergeben sich bei Verwendung der Salze der Hofmeister'schen Reihe Anionenreihen im Sinne einer steigernden Förderung der Gärung von Hefezellen. In n/5 Lösung der Ammonsalze läßt sich folgende Anionenreihe aufstellen:

$$S\,C\,N < N\,O_3 < Cl < S\,O_4$$

Zunahme der Gärung.

Das zweiwertige Sulfat ist dem einwertigen S C N an Wirksamkeit überlegen. Bei Verwendung von n/5 Natriumsalz ergibt sich folgende Reihe:

$$S\,C\,N < Cl < N\,O_3 < S\,O_4 < Br,$$

und bei einer Konzentration von n/20:

$$Cl < S\,C\,N < N\,O_3 < S\,O_4 < Br.$$

Beim Uebergang von n/5 Natriumsalz zu n/20 Natriumsalz haben also Cl und SCN ihre Plätze vertauscht. Diese Reihen lassen sich nach Boas durch Aenderung des chemischen Milieus vollkommen oder doch zum großen Teil umdrehen, d. h. in eine Gegenreihe verwandeln, z. B. durch Verwendung von saurem Glykokollpuffer bei niedrigem p_H. Ebenfalls lassen sich durch Konzentrationsänderung die Reihen in Gegenreihen verwandeln. Boas führt die Salzwirkung auf Zustandsänderung der Oberflächenlipoide der Hefezelle zurück, wenn er auch andere Wirkungen der Salze nicht ablehnt. Durch Veränderung der Oberflächenlipoide der Zelle, durch die der Stoffaustausch hauptsächlich stattfindet, wird der normale Zellstoffwechsel gegenüber der Norm verschieden sein müssen. Die Wirkung der Salze wäre also einer Beeinflussung der Permeabilität der Lipoidmembran der Zellen gleichzusetzen.

Es war die Aufgabe der vorliegenden Arbeit, die Einwirkung von einigen Natriumsalzen der Hofmeister'schen Anionenreihe

[1]) Boas: Biochem. Zeitschr. 117, 166, 1921; 176, 349, 1926.

auf die Hefegärung erneut zu prüfen. Zur Verwendung kamen 1. eine untergärige Betriebshefe der Germania-Brauerei, Münster in Westf. und 2. eine Bäckerhefe des Handels, um darüber Auskunft zu erhalten, ob zwei verschiedene Hefen dieselben Gesetzmäßigkeiten in ihrer Beeinflußbarkeit durch Salze zeigen. Aus früheren Versuchen des hiesigen Institutes hatte sich ergeben, daß die Hefe der Germania-Brauerei auf Gifte in anderer Weise anspricht als die Bäckerhefe. (Vgl. hierzu die Arbeiten von Thöne[2]) und Schmiedeberg[3])). Es ist demnach zu erwarten, daß die beiden untersuchten Hefen auch durch die gleichen osmotischen Konzentrationen und Salze der Hofmeister'schen Anionenreihe in verschiedener Weise in ihrer Wirksamkeit verändert werden. Boas vergleicht die Salze in aequimolaren Konzentrationen. Da die Salze jedoch nicht gleich stark dissoziiert sind, wurden in der vorliegenden Arbeit aequiosmotische Konzentrationen der Salze verwendet. Zur Untersuchung kamen: Na_2SO_4, Na-acetat, Na-phosphat, Na-tartrat, NaCl und Na-rhodanid. Die Phosphatlösung bestand aus primärem und sekundärem Natriumphosphat, derart, daß das Gemisch eine Wasserstoffzahl von $p_H = 7{,}0$ aufwies. Auch alle übrigen Lösungen reagierten neutral, lediglich Acetatlösung schwach alkalisch ($p_H = 8{,}03$). Unter isotoner Lösung verstehen wir in der vorliegenden Arbeit eine Lösung, die die gleiche Gefrierpunktserniedrigung wie eine physiologische Kochsalzlösung von 0,95 % besitzt. ($\triangle = -0{,}56\,^0$). Die Konzentration der Glukose (Dextropur) in den Versuchsreihen betrug 10 %, desgleichen die Konzentration der Hefe. Die Zuckerabnahme wurde polarimetrisch bestimmt. Die Versuchsdauer betrug 4 Stunden. (Versuchstemperatur 18—20 °). Auf Einzelheiten der Versuchstechnik einzugehen, erübrigt sich, da sie in früheren Arbeiten (Thöne, Nettersheim[4])) eingehend beschrieben ist.

Versuchsserie I.

Die Versuche über den Einfluß der verschiedenen Natriumsalze auf die Hefegärung in ungepufferter Lösung sind in den Tabellen 1 und 2 übersichtlich zusammengestellt.

In hohen Konzentrationen verschlechtern sämtliche Salze die Hefegärung. In vierfach isotoner Lösung beträgt die Hemmung bei Bäckerhefe 25—45 %, bei Bierhefe 37—94 %. Besonders

[2]) Thöne: Inaugural-Dissertation, Münster 1935 (in Vorbereitung)
[3]) Schmiedeberg: ebenda (in Vorbereitung).
[4]) Nettersheim: Inaugural-Dissertation, Münster 1935.

Tabelle 1.

Bierhefe: ungepufferte Lösung.

Drehung: 0

Konzentration	Na_2SO_4	Na-acetat	Na-phosphat	Na-tartrat	Na Cl	Na-rhodanid
direkter Vers.	9,79					
Kontrollvers.	2,34					
0,125 isoton	1,88	2,17	2,10	1,62	2,15	2,36
0,25 „	2,18	2,10	2,18	1,97	2,20	2,65
0,5 „	2,41	1,94	2,42	2,33	2,65	2,86
1,0 „	2,65	2,60	2,38	2,67	2,86	3,35
2,0 „	3,37	4,40	3,93	5,34	3,88	4,65
4,0 „	5,68	6,39	5,38	9,37	5,08	5,98

Differenz: Drehung: 0

Kontrollvers.	7,45					
0,125 isoton	7,91	7,62	7,69	8,17	7,64	7,43
0,25 „	7,61	7,69	7,61	7,82	7,59	7,14
0,5 „	7,38	7,85	7,37	2,46	7,14	6,93
1,0 „	7,14	7,19	7,41	7,12	6,93	6,44
2,0 „	6,42	5,39	5,86	4,45	5,91	5,14
4,0 „	4,11	3,40	4,41	0,42	4,71	3,81

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuches.

0,125 isoton	106	102	103	110	102	100
0,25 „	102	103	102	105	102	96
0,5 „	99	105	99	100	96	93
1,0 „	96	96	99	96	93	87
2,0 „	86	72	79	60	79	69
4,0 „	55	46	59	6	63	51

Tabelle 2.

Bäckerhefe: ungepufferte Lösung.

Drehung: 0

Konzentration	Na_2SO_4	Na-acetat	Na-phosphat	Na-tartrat	Na Cl	Na-rhodanid
direkter Vers.	10,56					
Kontrollvers.	3,47					
0,125 isoton	3,37	3,16	2,60	2,83	2,90	3,63
0,25 „	3,15	2,73	2,39	2,32	2,42	3,91
0,5 „	2,88	2,39	1,81	2,14	2,86	4,10
1,0 „	3,12	3,65	2,95	3,40	3,13	4,23
2,0 „	3,65	5,60	3,23	5,05	3,18	4,35
4,0 „	6,14	6,64	5,88	6,15	5,21	5,63

Differenz: Drehung: 0

Kontrollvers.	7,09					
0,125 isoton	7,19	7,40	7,96	7,73	7,66	6,93
0,25 „	7,41	7,83	8,17	8,24	8,14	6,65
0,5 „	7,68	8,17	8,75	8,42	7,70	6,46
1,0 „	7,44	6,91	7,61	7,16	7,43	6,33
2,0 „	6,91	4,96	7,33	5,51	7,38	6,21
4,0 „	4,42	3,92	4,68	4,41	5,35	4,93

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuches.

0,125 isoton	102	105	113	109	108	98
0,25 „	106	111	115	116	115	94
0,5 „	108	115	124	119	109	91
1,0 „	105	97	108	101	105	89
2,0 „	97	70	104	78	105	88
4,0 „	62	55	66	62	75	70

stark ist die unterschiedliche Konzentrationsempfindlichkeit der beiden Hefen gegenüber Tartrat. Alle übrigen Salze hemmen in hohen Konzentrationen die Gärung der beiden Hefen um annähernd den gleichen Betrag, Tartrat bei Bäckerhefe nicht stärker als die übrigen Natriumverbindungen. Ganz anders bei Bierhefe. Hier hebt eine 4-fach isotone Natriumtartratlösung die Hefegärung praktisch vollkommen auf. Mit zunehmender Verdünnung läßt dieHemmung des Salzes stark nach und ist in 2-fach isotoner Lösung bei Bäckerhefe für Na_2SO_4, Na-phosphat und NaCl bereits vollkommen verloren gegangen, für die übrigen Salze aber noch sehr erheblich. Die Gärung der Bierhefe ist bei zweifach isotoner Lösung der Salze stets verzögert. Erst in einfach isotoner Lösung tritt keine Verzögerungswirkung der Salze mehr auf. Eine Ausnahme bildet für beide Hefen Rhodanid, das sowohl die Gärung der Bier- und Bäckerhefe verzögert. In hypotonischen Lösungen finden wir nur bei Bäckerhefe einen beschleunigten Glukoseabbau, besonders durch Phosphat, Tartrat und Acetat, nicht aber bei Bierhefe. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Gärung der Bierhefe empfindlicher gegen Salze ist als die Gärung der Bäckerhefe, besonders was die Hemmung der Hefegärung angeht.

Versuchsserie II.

Die bisher beschriebenen Versuche wurden in ungepufferter Lösung angestellt. In den folgenden Versuchen soll untersucht werden, in welcher Weise die Wirkung der Salze abgeändert wird, wenn einmal die Reaktion sauer, ein andermal alkalisch ist. Als Suspensionsflüssigkeit diente in den Versuchen der Tabelle 3 und 4 primäres Natriumphosphat m/30, $p_H = 4{,}53$, in den Veruchen der Tabelle 5 und 6 sekundäres Natriumphosphat m/30, $p_H = 8{,}30$.

Wie aus den Versuchen hervorgeht, ist die Salzwirkung durch die Aenderung des Milieus stark verändert worden. Besonders deutlich zeigt sich der Unterschied an den Versuchen mit Bäckerhefe. Die starke Hemmung des Zuckerabbaus durch 4-fach isotone Lösungen in ungepufferten Lösungen ist in Versuchen mit primärem Phosphat (Tabelle 4) sehr stark abgeschwächt, ja sogar für Natriumchlorid und Na-rhodanid vollkommen verschwunden. Auch der verzögernde Einfluß von Na-sulfat und Na-acetat ist erheblich abgeschwächt. Verstärkt ist lediglich die verzögernde Wirkung von Tartrat. In alkalischer Lösung (Tabelle 6) finden wir in 4-fach isotoner Lösung ähnliche Verhältnisse wie bei saurem Milieu. Chlorid und Rhodanid

Tabelle 3.

Bierhefe: primäres Phosphat $p_H = 4{,}53$

Drehung: °

Konzentration	Na_2SO_4	Na-acetat	Na-tartrat	Na Cl	Na-rhodanid
Direkter Versuch	9,90				
Kontrollversuch	3,62				
0,125 isoton	3,16	1,93	2,66	2,88	3,42
0,25 „	2,93	2,16	1,86	3,22	3,22
0,5 „	3,14	3,04	2,68	3,08	4,12
1,0 „	3,46	3,39	3,37	3,31	4,12
2,0 „	4,15	4,55	5,96	3,90	5,12
4,0 „	5,83	6,93	9,90	5,87	6,13

Differenz: Drehung: °

Kontrollversuch	6,28				
0,125 isoton	6,74	7,97	7,24	7,02	6,48
0,25 „	6,97	7,74	8,04	6,68	6,68
0,5 „	6,76	6,86	7,22	6,82	5,78
1,0 „	6,54	6,51	6,53	6,59	5,78
2,0 „	5,85	5,35	3,94	6,00	4,78
4,0 „	4,07	2,97	0,00	4,03	3,77

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuches.

0,125 isoton	107	127	115	112	103
0,25 „	111	123	128	106	106
0,5 „	107	109	115	108	92
1,0 „	104	104	104	105	92
2,0 „	93	85	63	96	76
4,0 „	65	47	0	64	60

Tabelle 4.

Bäckerhefe: primäres Phosphat $p_H = 4{,}53$

Drehung: 0

Konzentration	Na_2SO_4	Na-acetat	Na-tartrat	Na Cl	Na-rhodanid
Direkter Versuch	10,15				
Kontrollversuch	5,63				
0,125 isoton	5,12	2,62	3,13	5,57	3,91
0,25 „	5,13	2,59	2,84	5,68	3,92
0,5 „	5,08	2,83	3,66	5,41	4,07
1,0 „	5,60	3,97	4,36	4,90	4,68
2,0 „	5,72	5,32	5,60	5,02	4,63
4,0 „	6,10	6,44	9,37	5,66	5,06

Differenz: Drehung: 0

Kontrollversuch	4,52				
0,125 isoton	5,03	7,53	7,02	4,58	6,24
0,25 „	5,02	7,56	7,71	4,47	6,23
0,5 „	5,07	7,32	6,49	4,74	6,08
1,0 „	4,55	6,18	5,79	5,25	5,47
2,0 „	4,43	4,83	4,55	5,13	5,52
4,0 „	4,05	3,71	0,78	4,49	5,09

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuches.

0,125 isoton	111	167	155	101	138
0,25 „	111	167	171	99	138
0,5 „	112	162	143	105	134
1,0 „	101	137	128	116	121
2,0 „	98	107	101	114	122
4,0 „	90	82	17	100	113

Tabelle 5.

Bierhefe: sekundäres Phosphat $p_H = 8{,}30$

Drehung: °

Konzentration	Na_2SO_4	Na-acetat	Na-tartrat	Na Cl	Na-rhodanid
Direkter Versuch	9,86				
Kontrollversuch	2,00				
0,125 isoton	1,69	2,11	2,10	2,30	2,40
0,25 „	1,62	2,37	2,15	2,51	2,53
0,5 „	2,33	1,82	2,43	2,37	2,93
1,0 „	2,60	2,66	2,92	2,65	3,07
2,0 „	3,59	4,39	5,80	3,89	4,13
4,0 „	5,10	6,35	9,82	5,97	6,08

Differenz: Drehung: °

Kontrollversuch	7,86				
0,125 isoton	8,17	7,75	7,76	7,56	7,46
0,25 „	8,24	7,49	7,71	7,35	7,33
0,5 „	7,53	8,04	7,43	7,49	6,93
1,0 „	7,26	7,20	6,94	7,21	6,79
2,0 „	6,27	5,47	4,06	5,97	5,73
4,0 „	4,76	3,51	0,04	3,89	3,78

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuches.

0,125 isoton	104	99	99	96	95
0,25 „	105	95	98	93	93
0,5 „	96	102	95	95	88
1,0 „	93	92	88	92	86
2,0 „	80	70	52	76	73
4,0 „	61	45	0	49	48

Tabelle 6.

Bäckerhefe: sekundäres Phosphat $p_H = 8{,}30$

Drehung: 0

Konzentration	Na_2SO_4	Na-acetat	Na-tartrat	Na Cl	Na-rhodanid
Direkter Versuch	10,07				
Kontrollversuch	2,62				
0,125 isoton	1,23	1,13	1,10	1,17	1,60
0,25 „	1,09	0,84	1,65	1,15	1,67
0,5 „	1,38	0,92	1,85	1,09	1,60
1,0 „	1,70	1,33	2,39	1,10	1,64
2,0 „	2,45	3,05	4,45	1,11	2,17
4,0 „	3,83	4,41	6,81	2,69	3,29

Differenz: Drehung: 0

Kontrollversuch	7,45				
0,125 isoton	8,84	8,94	8,97	8,90	8,47
0,25 „	8,98	9,23	8,42	8,92	8,40
0,5 „	8,79	9,15	8,22	8,98	8,43
1,0 „	8,37	8,74	7,68	8,97	8,43
2,0 „	7,62	7,02	5,62	8,96	7,90
4,0 „	6,24	5,66	3,26	7,38	6,78

Glukoseabnahme: % des Kontrollversuches.

0,125 isoton	119	120	120	119	114
0,25 „	121	124	113	120	113
0,5 „	118	123	110	121	114
1,0 „	112	117	103	121	113
2,0 „	102	94	75	121	106
4,0 „	84	76	44	99	91

sind fast unwirksam, der hemmende Einfluß von Sulfat und Acetat ist gegenüber den ungepufferten Versuchen abgeschwächt. Verstärkt ist nur die Giftwirkung des Tartrats, die allerdings wesentlich geringer ist als in saurer Lösung. Eine 4-fach isotone Natriumtartratlösung verzögert in unseren Versuchen die Gärung von Bäckerhefe in ungepufferten Lösungen um 34 %, in sekundären Phosphatlösungen um 56 % und in primären Phosphatlösungen um 83 %. In isotoner Lösung sind alle Na-Salze in ungepufferter Lösung ohne Einwirkung, in saurer und alkalischer Lösung dagegen steigern sie die Hefegärung, besonders stark in primärer Phosphatpufferlösung. Der fördernde Einfluß der Salze bleibt auch in hypotonischen Lösuchen bestehen, er ist besonders stark beim Acetat, Tartrat und Rhodanid in primärer Phosphatlösung. Lediglich Sulfat und Clorid sind verhältnismäßig unwirksam. Die Steigerungen des Zuckerabbaues betragen bis zu 70 % (0,25 isotone Lösung von Natriumtartrat und -acetat.

Bierhefe zeigt in ihrem Verhalten gegenüber Bäckerhefe erhebliche Unterschiede. In 4-fach isotoner Lösung hebt das Tartrat die Gärung der Bierhefe vollkommen auf. Es ist dabei gleichgültig, ob wir die Gärung sich in ungepufferter, saurer oder alkalischer Lösung vollziehen lassen. Bei Bäckerhefe bestehen gerade gegenüber dem Tartrateinfluß erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Abhängigkeit von der Reaktion. Gegen hohe Salzkonzentrationen ist Bierhefe sowohl in saurer wie alkalischer Reaktion gleich empfindlich im Gegensatz zur Bäkkerhefe. In isotonischer und hypotonischer Lösung ist keine Einwirkung der Salze auf die Gärung der Bierhefe festzustellen; lediglich bei saurer Reaktion tritt eine Förderung auf. Die Steigerung ist aber erheblich schwächer als unter den gleichen Bedingungen der Bäckerhefe.

Bei welcher Wasserstoffionenkonzentration die Hefegärung sich in unseren Versuchen vollzog, wurde deswegen nicht näher untersucht, weil wir wissen (s. Thöne), daß die Hefegärung innerhalb eines sehr breiten ph-Bereiches fast konstant ist. Besonders bei Verwendung von primärer bzw. sekundärer Phosphatlösung wird die Wasserstoffzahl durch Zusatz von Acetat und Tatrat verändert werden. Trotzdem kommen die Unterschiede zwischen saurem und alkalischem Phosphat gut heraus.

Zusammenfassung.

Es wurde der Einfluß einiger Salze der Hofmeister'schen Anionenreihe auf die Vergärung von Traubenzucker durch Bier- und Bäckerhefe untersucht. Die Salze wurden in gleichen osmotischen Konzentrationen miteinander auf ihre Wirksamkeit verglichen. Bierhefe ist gegenüber hypertonischen Lösungen aller untersuchten Salze empfindlicher als Bäckerhefe. In 4-fach isotoner Lösung hebt Tartrat die Gärung der Bierhefe vollkommen auf, während die Hemungen durch die anderen Salze nur 40—50 % betragen. Die Gärung von Bäckerhefe wird durch Tartrat nur in saurer Lösung fast vollkommen unterdrückt, in ungepufferter Lösung dagegen nicht stärker vermindert als durch die übrigen Salze. Der verzögernde Einfluß der Salze in hohen Konzentrationen in ungepufferter Lösung wird in saurer und alkalischer Lösung stark abgeschwächt und für Na-chlorid und Na-rhodanid sogar beseitigt. In iso- und hypertonischen Lösungen beschleunigen alle Salze die Gärung von Bäckerhefe, besonders stark Acetat, Phosphat und Rhodanid in primärer Phosphatlösung. Die Gärung von Bierhefe wird durch iso- und hypertonische Lösungen der Salze in alkalischer und ungepufferter Lösung nicht gesteigert, wohl aber in primärer Phosphatlösung. Anionenreihen im Sinne einer steigernden Förderung bzw. Hemmung der Gärung durch die Salze der Hofmeister'schen Reihe lassen sich für Hefen nicht aufstellen. Jede Heferasse besitzt ihre besondere Salzempfindlichkeit.

Lebenslauf.

Am 11. Februar 1911 wurde ich in Lüdinghausen i. W. geboren. Von Ostern 1917 an besuchte ich dort das Oberlyzeum, wo ich Ostern 1930 die Reifeprüfung bestand. Ich studierte dann Zahnmedizin an den Universitäten Münster und Graz, bestand im April 1932 die zahnärztliche Vorprüfung und im Herbst 1934 das zahnärztliche Staatsexamen in Münster.